

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 08325701 A

(43) Date of publication of application: 10.12.96

(51) Int. Cl C23C 8/22

(21) Application number: 08067937

(71) Applicant: NIPPON HEIZU:KK

(22) Date of filing: 25.03.96

(72) Inventor: KUBOTA TAKESHI

(30) Priority: 29.03.95 JP 07 72043

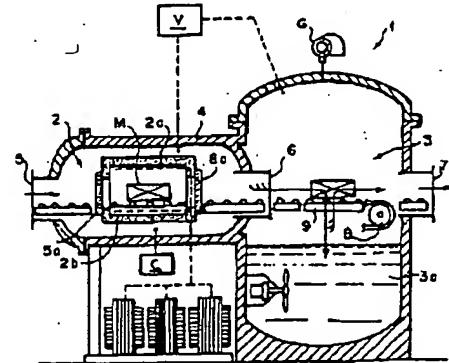
(54) VACUUM-CARBURIZATION METHOD AND  
DEVICE AND CARBURIZED PRODUCT

(57) Abstract:

PURPOSE: To make it possible to uniformly carburize each part of a work including the inside wall surfaces of a deep recessed part and to save the amt. of gas and heat quantity to be used by suppressing the generation of soot in a vacuum carburization method.

CONSTITUTION: The work M is vacuum heated in a heating chamber 2 of a vacuum carburization furnace 1 and gaseous acetylene is supplied from a carburizing gas source C into the heating chamber 1. The work is subjected to a carburization treatment by maintaining a vacuum state of 21Pa in the heating chamber 2 by a vacuum evacuation source V.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

THIS PAGE IS BLANK. IT CONTAINS NO INFORMATION.  
DO NOT FILE THIS PAGE WITH YOUR DOCUMENTS.

THIS PAGE IS BLANK. IT CONTAINS NO INFORMATION.  
DO NOT FILE THIS PAGE WITH YOUR DOCUMENTS.

6 - 1000-1000000

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-325701

(43)公開日 平成8年(1996)12月10日

(51)Int.Cl.  
C 23 C 8/22

識別記号 庁内整理番号

F I  
C 23 C 8/22

技術表示箇所

(21)出願番号 特願平8-67937

(22)出願日 平成8年(1996)3月25日

(31)優先権主張番号 特願平7-72043

(32)優先日 平7(1995)3月29日

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(54)【発明の名称】 真空浸炭方法および装置ならびに浸炭処理製品

(57)【要約】

【課題】 真空浸炭方法において、煤の発生を抑えて、深い凹部の内壁面を含めてワークの各部を均一に浸炭することができるようになるとともに、使用するガス量や熱量の節減を可能にする。

【解決手段】 真空浸炭炉1の加熱室2内で、ワークMを真空加熱するとともに加熱室2内に浸炭ガス源Cからアセチレンガスを供給し、真空排気源Vにより加熱室2内を1kPa以下の真空状態にして浸炭処理を行なう。

審査請求 未請求 請求項の数 7 OL (全 8 頁)

(71)出願人 591210987

株式会社日本ヘイス

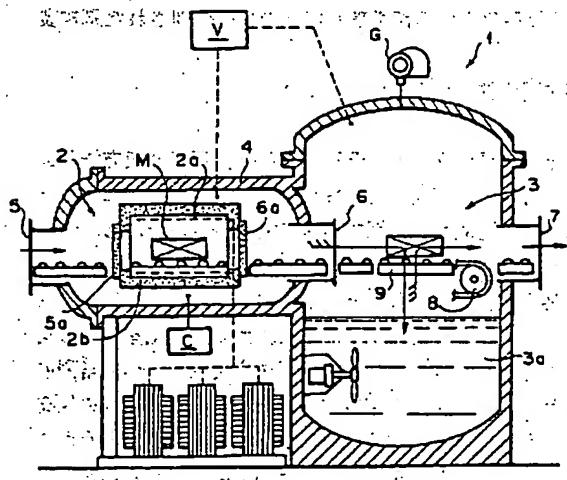
愛知県丹羽郡大口町秋田2丁目110番地

(72)発明者 久保田 健

愛知県名古屋市天白区植田山5丁目611番

地

(74)代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 鋼材よりなるワークを、真空浸炭炉の加熱室内で真空加熱するとともに、該加熱室内に浸炭用ガスを供給して浸炭処理を行なう真空浸炭方法であつて、前記浸炭用ガスとしてガス状の鎖式不飽和炭化水素を使用するとともに、前記加熱室内を1kPa以下の真空状態として浸炭処理を行なうことを特徴とする真空浸炭方法。

【請求項2】 前記ガス状の鎖式不飽和炭化水素がアセチレン系ガスよりなることを特徴とする請求項1記載の真空浸炭方法。

【請求項3】 前記アセチレン系ガスがアセチレンガスよりなることを特徴とする請求項2記載の真空浸炭方法。

【請求項4】 前記浸炭用ガスにガス状の窒素源を添加して浸炭処理を行なうことを特徴とする請求項1記載の真空浸炭方法。

【請求項5】 鋼材よりなるワークを加熱する加熱室を備えた真空浸炭炉と、前記加熱室内にアセチレン系ガスを供給する浸炭用ガス源と、前記加熱室内を真空排気する真空排気源とを備え、1kPa以下の真空状態で真空浸炭を行なうことを特徴とする真空浸炭装置。

【請求項6】 内径をDとする閉端孔を備え、該閉端孔の内壁面における浸炭深さのほぼ等しい領域が、該閉端孔の開口端から深さLの範囲に亘って形成されている浸炭処理された鋼材製品であつて、前記深さLの値が、L/D比で1.2乃至5.0の範囲内にあることを特徴とする浸炭処理された鋼材製品。

【請求項7】 前記閉端孔の内壁面における浸炭深さが、L/D比で1.2乃至3.6の領域に亘ってほぼ等しいことを特徴とする請求項6記載の浸炭処理された鋼材製品。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、真空浸炭方法およびこの方法の実施に用いられる浸炭装置ならびに上記方法で浸炭処理された鋼材製品に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 鉄鋼の表面改質方法として最も広く利用されている浸炭処理においては、ガス雰囲気を使用したガス浸炭が一般的であるが、ガス浸炭は、表面異常層の発生、高温浸炭への炉構造の不備、高濃度浸炭での煤発生、浸炭条件の管理項目の多さと繁雑さ等の問題点があり、これら問題点を克服するために開発されたのが真空浸炭炉を用いる真空浸炭方法である。

【0003】 従来の真空浸炭方法では、浸炭用ガスとして、ガス状の鎖式飽和炭化水素が使用されていた。すなわち、ガス状の鎖式飽和炭化水素は、メタン系ガスであり、メタンガス( $CH_4$ )、プロパンガス( $C_3H_8$ )、ブタンガス( $C_4H_{10}$ )等が使用されてお

り、これら浸炭用ガスを、900~1000℃程度に鋼材よりなるワークを加熱して配した真空浸炭炉の加熱室内に直接供給して、加熱室内で熱分解させ、その際に発生する活性炭素を鋼材の表面に侵入させ、その表面から浸炭・拡散させるようにしていた。

【0004】 この場合、ワークの全面に十分に浸炭用ガスが行き渡る必要があるため、ワークを収容した加熱室を真空状態にしておき、上記浸炭用ガスを加熱室内に供給するとともに、攪拌もしくはパルス投入による炉圧変動により、ワークの表面への浸炭用ガスの充分な供給を図っていた。

【0005】 ところで、従来の真空浸炭方法においては、一般的に浸炭性が強いとして、炭化水素を浸炭用ガスとして使用する認識があり、この炭化水素の中でも、上述のようなメタン系ガスのようなガス状の鎖式飽和炭化水素が使用されていた。

【0006】 その理由は、当業者間では、メタン系ガスは、鋼材を浸炭させる1100℃程度までの温度範囲では安定であるが、分子量が増すと安定性が減少し、煤の発生があるものの、浸炭力が強くなると認識され、一方、アセチレン系ガスのようなガス状の鎖式不飽和炭化水素は、メタン系ガスよりも不安定であり、浸炭反応よりも熱分解が盛んに行なわれるから、浸炭用ガスに使用しても単に煤を発生させるだけであつて、浸炭用ガスには全く適さないと認識されていたからである（河上謙著「金属表面硬化熱処理技術」横書店昭和46年10月25日発行第139頁参照）。

【0007】 そのため、実際には、真空浸炭での浸炭用ガスとしては、ガス状の鎖式飽和炭化水素であるメタン系ガスの、メタンガス( $CH_4$ )、プロパンガス( $C_3H_8$ )、ブタンガス( $C_4H_{10}$ )等しか使用されず、ガス状の鎖式不飽和炭化水素であるアセチレン系ガスは見向きもされなかった。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の真空浸炭方法によれば、ガス浸炭での品質上の問題点は解決されたものの、依然として下記のような問題点を抱えている。

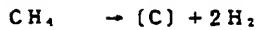
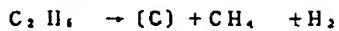
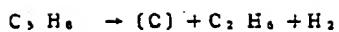
## 【0009】 すなわち、

1. 煤の発生が多く、メンテナンス作業が繁雑で汚い、
2. 炉の加熱室内へのワークの挿入量を減らしてガス量を増さないと均一浸炭が困難である、
3. ワークの小径の深い孔や狭い隙間への浸炭が不充分である、
4. 設備費が高く、特殊用途への使用に限定される、
5. ガス浸炭に比べて生産性が低く、処理コストが高い、等である。

【0010】 下式は従来用いられている浸炭用ガスの熱分解のメカニズムを示すものである。

## 【0011】

【数1】



【0012】上式において〔C〕は浸炭に寄与する活性炭素である。ただし、ワークの表面以外の炉内空間で分解した活性炭素はそのまま煤になり、これが真空浸炭における煤の発生の原因となっている。

【0013】この煤の発生量をより少なくする方策としては、

a. 炉内での浸炭用ガスの量をできるだけ稀薄にするために、供給ガスを不活性ガスで希釈して（ガス圧は従来通り）使用する、

b. 異常層が発生しない程度に浸炭用ガスに酸素源（例えばアルコール）を混入して、活性炭素の一部をCOとして浸炭に利用するとともに、残余のCOガスを炉外に排出する、

c. 煤対策以外の効果もあるが、ワーク表面付近にプラズマを発生させて、稀薄浸炭ガスをイオン化してワーク表面に引き付けて有効に浸炭に利用し、他の炉空間での分解発生煤を少なくする（プラズマ浸炭）、等がある。

【0014】これらの対策によれば、いずれも煤の発生量を低減することができるが、そのために、設備費や処理コストが上昇したり、本来の真空浸炭のメリットが損なわれたりする問題がある。

【0015】また、従来のメタン系ガスを浸炭用ガスとして使用する真空浸炭では、積載ワークの間隔が不充分であったり、ワークに小径の深い孔や狭い隙間がある場合には、ワーク全体に亘って均一に浸炭しようとしても、孔の深い内部や狭い隙間ハ勿論、隣接ワークが近すぎる場合においては充分な浸炭深さが得られず、浸炭深さのバラツキが避けられなかった。例えば、炉内の加熱室にガス循環装置、ガス攪拌装置、ガス高速噴射装置等を設置して浸炭処理を行なっても、ワークに内径4mmで深さ28mmの孔があけられている場合、ワーク外周面での有効浸炭深さが0.51mm程度であるのに対し、孔の底部の有効浸炭深さは0.30mm程度となっていた。

【0016】このような浸炭深さのバラツキは、使用する浸炭用ガスが、炭素原子数に比べて水素原子の数が多く、加熱室内で原子状炭素を発生させるように分解すると、分解生成ガスとしての水素ガス等の分子数が多くなって、浸炭用ガスの分子の平均自由行程（mean free path）をより小さくするためと推定される。

【0017】そして、小径の孔の内壁面も所定の浸炭深さを確保できるように浸炭処理を行なうためには、孔の中に炭素を供給したり、必要以上に浸炭用ガスを供給し、かつそのガスを流動攪拌させたりして浸炭処理を行なうこととなって、煤の発生量が増大する結果を招いていた。

【0018】本発明は、上述のような問題に鑑み、煤の発生を抑えて、深い凹部の内壁面を含めてワーク全体に亘って各部を均一に浸炭することできるとともに、使用するガス量や熱量も少なくて済む真空浸炭方法および装置ならびに浸炭処理された鋼材製品を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明による真空浸炭方法は、鋼材よりなるワークを、真空浸炭炉の加熱室内で真空加熱するとともに、この加熱室内に浸炭用ガスを供給して浸炭処理を行なう方法であって、浸炭用ガスとしてガス状の鎖式不飽和炭化水素を使用するとともに、加熱室内を1kPa以下の真空状態として浸炭処理を行なうことを特徴とするものである。

【0020】上記ガス状の鎖式不飽和炭化水素としては、アセチレン系ガス、特にアセチレンガスを使用することが望ましい。

【0021】さらに本発明による真空浸炭方法は、浸炭処理のみでなく、鋼材の表面に炭素（C）と同時に窒素（N）を浸入させる浸炭窒化処理にも適用することができる。その場合は、浸炭用ガスとしてのアセチレンガスに加えて、ガス状の窒素源として例えばアンモニアガス（NH<sub>3</sub>）を添加すればよい。

【0022】また、本発明による真空浸炭装置は、鋼材よりなるワークを加熱する加熱室を備えた真空浸炭炉と、上記加熱室内にアセチレン系ガスを供給する浸炭用ガス源と、加熱室内を真空排気する真空排気源とを備え、1kPa以下の真空状態で真空浸炭を行なうことを特徴とするものである。

【0023】さらに、本発明による浸炭処理された鋼材製品は、内径をDとする閉端孔を備え、この閉端孔の内壁面における浸炭深さのほぼ等しい領域が、該閉端孔の開口端から深さLの範囲に亘って形成されているものであって、上前記深さLの値が、L/D比で1.2乃至5.0の範囲内にあることを特徴とするものである。

【0024】煤のない真空浸炭（減圧ガス浸炭）を実現するためには、浸炭に直接寄与する炭素以外は炉内で分解させないようにすることが望ましいから、炉内に供給する炭素源には、できるだけワークの表面だけで分解または反応し、他の炉材や炉空間では分解または反応しないものが望ましい。

【0025】この条件からみて、従来の真空浸炭方法において浸炭用ガスとして使用されていた安定なメタン系ガスよりも化学的には不安定で活性なガスのほうが浸炭用ガスとして望ましい。

【0026】そこで、本発明による真空浸炭方法では、鋼材を浸炭処理する1100℃程度までの温度範囲ではメタンガス、プロパンガス等の鎖式飽和炭化水素ガスよりも化学的に活性で、反応および分解し易い鎖式不飽和炭化水素ガスを浸炭用ガスとして使用する。

【0027】ただし、これらの不安定なガスは、炉中の滞在時間が限界を超えると、従来から使用されている飽和炭化水素ガスよりも容易に熱分解して煤を発生するので、炉内の滞在時間を厳密に制限し、ワーク表面で反応分解するには充分であるが熱分解するには不充分な時間の範囲で炉外に排出する必要がある。

【0028】そのため、本発明による真空浸炭方法では、浸炭用ガスの炉内滞在時間を短くするために、炉内圧力を従来の真空浸炭方法よりも極端に低い1kPa以下として、ワークの表面での分解反応は起きるが、炉内空間では殆ど煤を発生しない真空浸炭方法を実現している。

【0029】また、従来の真空浸炭方法では、ワークの表面で分解して炭素の供給を終了した複生ガスを速やかに移動させて新しい供給ガスを均一に分布させるために、ガス圧力をある程度高く(15~70kPa)して、炉内をファン等で攪拌するか、またはガス投入をパルス方式として複生ガスを減圧によって少なくし、パルス投入で新しい高い圧力のガスを供給して、ワーク表面の供給炭素量を確保している。当然ながら、このことがまた、浸炭に必要な量よりもはるかに多量の浸炭用ガスを供給することとなって、煤の発生をより助長することになっている。

#### 【0030】

【発明の効果】これに対して、本発明による真空浸炭方法では、ガス状の鎖式不飽和炭化水素を浸炭用ガスとして使用するものであり、このガス状の鎖式不飽和炭化水素であるエチレンガス( $C_2H_4$ )やアセチレンガス( $C_2H_2$ )は、従来使用されていたメタン系ガスと相違し、炭素原子数に比べて水素原子の数が少ない。

【0031】そのため、加熱室内で浸炭用ガスが原子状炭素を発生させるように分解しても、分解生成ガスである水素ガス等の分子数が多くならないため、浸炭ガス分子としてワークに接触しようとする際の水素ガス分子等の妨害を少なくすることができる。その結果、浸炭処理時の圧力が低いこともあり、浸炭ガス分子の平均自由行程(mean free path)が伸び、ワークの深い凹部の内壁周面にも、浸炭ガス分子が侵入し易くなり、さらに浸炭ガス分子が化学的に活性で、高温にしなくとも、また時間をかけなくとも分解し易い不飽和炭化水素であるため、ワーク表面で短時間で容易に反応、分解して原子状炭素をワーク表面に供給できることと相俟って、ワークの各部を均一に浸炭することとなる。

【0032】そして、この浸炭の均一性は炉内圧力を低くするほど顕著になる。ちなみに、内径をDとする閉端孔を備えたワークに対して浸炭処理を行なって、この閉端孔の内壁面における全浸炭深さのほぼ等しい領域が、この閉端孔の開口端から深さLの範囲に亘って形成されたとするとき、炉内圧力を0.02kPaとして浸炭処理を行なった場合、上記深さLの値がL/D比で3.6にま

で達した。さらに炉内圧力を低くすれば、全浸炭深さのほぼ等しい領域の深さLの値を、L/D比で5.0程度にまですることができる。このような値は、従来のガス浸炭では勿論、真空浸炭あるいはプラズマ浸炭でも達成不可能である。

【0033】また、本発明では、加熱室内を従来の真空浸炭に比べて極端に低圧の1kPa以下で浸炭処理を行なっているため、加熱室内に供給されてから低圧に維持するための吸引手段で吸引されるまでの時間、すなわち、浸炭用ガスの加熱室内での滞留時間が短くなる。滞留時間が短くなれば、分解浸炭に至らなかつた浸炭用ガスを、加熱室内で分解して煤を発生させる以前に、加熱室内から除去することが可能になり、加熱室内での煤の発生を防止することができる。

【0034】そのため、不安定で分解し易いガス状の不飽和炭化水素を浸炭用ガスとして使用しても、短い時間で必要量の浸炭用ガスをワーク表面に対して接触分解させて浸炭することができて、浸炭に支障を生じず、かつ、未分解の、煤を発生し易い浸炭用ガスを分解後の生成ガス(水素ガス等)とともに直ちに加熱室外に排出できることから、煤の発生を防止してワークの浸炭処理を行なうことが可能になった。また、分解生成ガスも短時間で加熱室外に排出できることから、一層、浸炭用ガス分子の平均自由行程を伸ばすことにも寄与でき、ワークの各部の均一浸炭に貢献できることになる。

【0035】さらに、排気ポンプから外部に排出される浸炭用ガスの量を測定して、加熱室内に投入する浸炭用ガスの量を適切に制御することによって、浸炭用ガスの使用量を最少量に抑えることができる。

【0036】そしてまた、本発明による真空浸炭方法では、化学的に活性で、反応、分解し易いガス状の鎖式不飽和炭化水素を浸炭用ガスとして使用しているため、従来のメタン系ガスのように、必要量以上に浸炭用ガスを供給しなくとも、ワーク表面で容易に反応、分解して浸炭することができ、浸炭用ガスの供給量は、ワーク表面の浸炭に必要な全炭素量の2倍程度以内の炭素原子数のもので済む。ちなみに、従来の真空浸炭では、浸炭に必要な全炭素量の数十倍程度を炉内に供給していた。さらに、本発明による真空浸炭方法では、1kPa以下の低圧で真空浸炭を行なっており、加熱室自体が加熱室外に対して断熱効果を発揮することから、放熱が少なく、加熱室内の温度を維持するための熱量を少なくすることができる。

【0037】したがって、本発明による真空浸炭方法では、浸炭用ガスとして、従来では煤の発生を招くだけとして見向きもされなかつたガス状の鎖式不飽和炭化水素を敢えて使用したにも拘らず、従来の真空浸炭方法に比べて、煤の発生を抑えて、深い凹部の内壁面をも含めてワークの各部を均一に浸炭でき、さらに使用するガス量や熱量も節減することができるという、著しい効果を得

ることができる。

【0038】さらに、本発明による真空浸炭方法では、加熱室内を1kPa以下の低圧にしており、加熱室自体が加熱室外に対して断熱効果を発揮することから、加熱室自体を、水冷したり、断熱保護したりする必要が低減されるため、加熱室を含む真空容器の外壁を、低圧に維持する構造のみにして、特別の断熱構造としなくても済み、真空浸炭炉の製造工数、製造コストを低減することにも寄与できる。

【0039】なお、ワークを低圧で浸炭する方法としては、イオン浸炭やプラズマ浸炭が知られているが、これらの浸炭方法でも、ワークに深い凹部がある場合には、イオン化したガスが凹部の底まで到達できない等の理由により、浸炭ムラが発生することが避けられず、また従来の真空浸炭方法より煤の発生が少ないものの、本発明の真空浸炭方法のように煤の発生を抑えることができず、さらに、設備コストも高いという欠点がある。

【0040】そして、本発明で使用するガス状の鎖式不飽和炭化水素としてのエチレンガスやアセチレンガスの中でアセチレンガスを使用する場合には、エチレンガスに比べて構成する水素原子が少なく、活性で、浸炭処理を行な易く、かつ、使用量を低減し、処理コストを低減することができる。

【0041】さらに浸炭用ガスとしてのアセチレンガスに加えて、ガス状の窒素源として例えばアンモニアガス( $\text{NH}_3$ )を添加して浸炭室化処理を行なうことにより、より低い温度からの焼入れ処理が可能になり、歪みを小さくすることができる。

#### 【0042】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0043】図1は本発明による真空浸炭装置の一実施の形態を示す図で、真空浸炭炉1は真空容器4で覆われた加熱室2とこの加熱室2に隣接する冷却室3とを備えている。

【0044】加熱室2は、高温環境の真空中および大気中において化学的・強度的に安定な発熱体2aおよび断熱材2bから構成されている。発熱体2aとしては、例えば再結晶処理した炭化ケイ素系発熱体、あるいは、その表面にアルミナ溶射被覆層を形成したものを使用することができる。断熱材2bとしては、高純度セラミックファイバを使用することができる。冷却室3は、その外壁が真空容器4の一部で構成され、油槽3aを備えている。

【0045】そして、加熱室2と冷却室3には、ともに真空排気源Vが接続され、また加熱室2には、アセチレンガスをアセトンに溶解させて、アセチレンガスを供給可能な浸炭ガス源Cが接続され、冷却室3には、この冷却室3内を大気圧以上に加圧可能な窒素ガス等の不活性ガス源Gが接続されている。

【0046】また、加熱室2の上流端には搬入扉5が、下流端には中間扉6が、冷却室3の下流端には搬出扉7が設けられ、加熱室2から冷却室3に亘って上流から下流へワークMを搬送する内部搬送装置8が設けられている。冷却室3内にはワークMを油槽3aに出し入れするための昇降台9が設置されている。さらに加熱室2には内部搬入扉5aと内部中間扉6aで前後端を閉じた加熱部が設けられている。

【0047】次にこのような構成を有する真空浸炭装置を使用した真空浸炭方法について、図2を参照して説明する。なお、予め加熱室2を大気圧状態で所定の温度に加熱しておく。

#### 【0048】第1工程

搬入扉5, 5aを開放して、第1ワークM1を加熱室2内に搬入し、直ちに搬入扉5, 5aを閉鎖する。

#### 【0049】第2工程

加熱室2を真空排気源Vによって0.05kPaまで真空排気しながら、第1ワークM1を所定温度(900°C)まで真空加熱し、その後、浸炭ガス源Cからアセチレンガスを加熱室2内に供給して(このとき、加熱室2内は0.1kPaとなる)、浸炭処理を行なう。そして、アセチレンガスの供給を停止して、加熱室2内を再び0.05kPaまでの真空として拡散処理を行ない、さらに、焼入れ温度の850°Cまで降温均熱加熱を行なう。なお、その間に、冷却室3を真空排気しておく。

#### 【0050】第3工程

中間扉6, 6aを開放し、内部搬送装置8によって、第1ワークM1を冷却室3の昇降台9上に移送し、直ちに中間扉6, 6aを閉鎖する。

#### 【0051】第4工程

不活性ガス源Gからの不活性ガスの供給により冷却室3を大気圧以上に加圧しつつ、昇降台9を降下させて第1ワークM1を焼入れ処理する。その間に高温の加熱室2内へ空気を導入して大気状態とし、さらに搬入扉5, 5aを開放して、第2ワークM2を加熱室2内に搬入し、直ちに搬入扉5, 5aを閉鎖する。なお、冷却室3を大気圧以上に加圧する理由は、加熱室2内に空気を導入する際、その空気が冷却室3内へ入り込まないようにするためである。

#### 【0052】第5工程

昇降台9を上昇させ、搬出扉7を開放して第1ワークM1を炉1外へ搬出し、直ちに搬出扉7を閉鎖して冷却室3を真空冷却する。その間に、第2ワークM2を第2工程と同様に取り扱う。

【0053】以下、定常状態では、第3～第5工程が反復され、順次ワークの浸炭処理が行なわれる。

【0054】このように浸炭処理が施されるワークの一例として、図3に断面図で示すような、外径寸法を20mm、長さを30mmとして、内径6mm、深さ28mmの閉端孔11と、内径4mm、深さ28mmの閉端孔12とを備え

たワークサンプル10を、幅4.00mm、長さ6.00mm、高さ5.0mmの治具に300個並置し、その治具を6段重ねて加熱室2内に配置し、浸炭温度900℃で、浸炭時間40分、拡散時間70分、焼入れ温度850℃として処理した場合、各ワークの有効浸炭深さ $t_0$ は0.51mm前後であったのに対し、小径の閉端孔12の底部の有効浸炭深さ $t_2$ は0.49mm前後であった。すなわち、これは本実施の形態の真空浸炭方法によれば、0.02mm前後のバラツキで、各部を均一に浸炭処理を行なうことができることを実証している。

【0055】そして、この試験を数百回反復しても、加熱室2内には煤の堆積が認められなかった。また、上記ワークサンプル10に対し、長さをほぼ2倍にしたサンプルに、内径4mm、深さ5.0mmの閉端孔を設け、同様に浸炭処理しても、外周面での有効浸炭深さと孔底部の有効浸炭深さとの差を0.03mm前後の範囲内に抑えることができ、本実施の形態の真空浸炭方法によれば、各部を均一に浸炭処理を行なうことができることを示している。

【0056】ちなみに、従来のメタン系ガスを浸炭用ガスとして、ワークサンプル10を従来の真空浸炭方法で浸炭処理した場合には、浸炭時間を2倍程度として、加熱室内に10倍以上の浸炭用ガスを供給しても、ワークサンプル10の外周面での有効浸炭深さが0.51mmで、4mmの孔12の底部の有効浸炭深さが0.30mmとなって、浸炭ムラが発生していた。そしてさらに、従来の真空浸炭方法では、浸炭処理を5~20回反復すれば、バーンアウトしても加熱室2内に煤が多量に蓄積し、清掃が必要となっていた。当然ながら、一般に実施されているガス浸炭では、孔12の底部への浸炭は全く期待できない。

【0057】なお、本発明の真空浸炭方法では、加熱室内を1kPa以下の真空状態で浸炭を行なっていることにより、アセチレンガスを浸炭用ガスとして使用しても、ワークの浸炭ムラをなくし、かつ煤の発生を抑えて浸炭処理を行なうことができるが、加熱室内を1kPaを超える圧力として浸炭処理を行なった場合は、煤の発生を抑え難くなり、浸炭も不均一になって望ましくない。

【0058】そして、加熱室内を低圧にすればする程、本発明の方法の効果を増大させることができ、さらに、加熱室自体の断熱効果も有効に発揮でき、水冷、保温等が不要となって、省エネルギー効果を高めることができる観点から、望ましくは、加熱室内を0.3kPa以下、さらに望ましくは0.1kPa以下に減圧して、浸炭処理を行なうことが好ましい。

【0059】図4は、内径6mm、深さ2.7mmの閉端孔を備えた外径20mm、長さ30mmのサンプル(SCM415)に対して、温度930℃において、保持時間、浸炭時間および拡散時間(図2参照)をそれぞれ30分、30分、45分として、アセチレンガスを用いて浸炭処理

を施した場合の炉内圧力に対する浸炭深さの関係および煤発生状況を示すグラフである。折線Aは閉端孔の底部における浸炭深さの変化を、折線Bはワークサンプルの表面における浸炭深さの変化をそれぞれ表すグラフである。

【0060】図4から明らかなように、サンプルの表面に関しては、炉内圧力が1.0kPa以下のとき、ほぼ一定の浸炭深さが得られる。しかしながら、閉端孔の内外を均一に浸炭するためには、炉内圧力を0.3kPa以下にすることが望ましい。

【0061】また煤発生状況から見れば、炉内圧力が1.0kPa以下であれば問題はない。

【0062】図5は、内径3.4mm、深さ17.5mmの閉端孔を備えた外径20mm、長さ18.2mmの寸法を有するサンプル(SCM415)に本発明の浸炭方法を実施して浸炭層を形成した状態を示す断面図と、浸炭の均一性を表すグラフである。この場合、炉内温度930℃、炉内圧力0.02kPa、浸炭時間と拡散時間の和を430分とし、サンプルの積載条件は前述と同様である。

【0063】図5から明らかなように、閉端孔の内壁面における全浸炭深さがほぼ等しい(2.1mm)領域が閉端孔の入口から1.22mmの深さに達し、深さ1.56mmの位置で全浸炭深さがゼロになった。すなわち、の内径をDとする閉端孔の内壁面における全浸炭深さのほぼ等しい領域が、この閉端孔の開口端から深さLの領域に亘って形成されているとするとき、上記Lの値がL/D比で3.6にまで達している。このように、炉内圧力が低くなるに伴って、浸炭の均一性も増大している。さらに炉内圧力を低くすれば、全浸炭深さのほぼ等しい領域の深さLの値を、L/D比で5.0程度にまですることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による真空浸炭装置の一実施の形態を示す断面図

【図2】本発明による真空浸炭炉の運転パターンを示す

図

【図3】本発明による真空浸炭方法により浸炭処理したサンプルの断面図

【図4】本発明による真空浸炭方法を実施した場合の炉内圧力に対する浸炭深さの関係および煤発生状況を示すグラフ

【図5】本発明による真空浸炭方法を実施したサンプルにおける全浸炭層を示す断面図と浸炭深さの均一性を表すグラフ

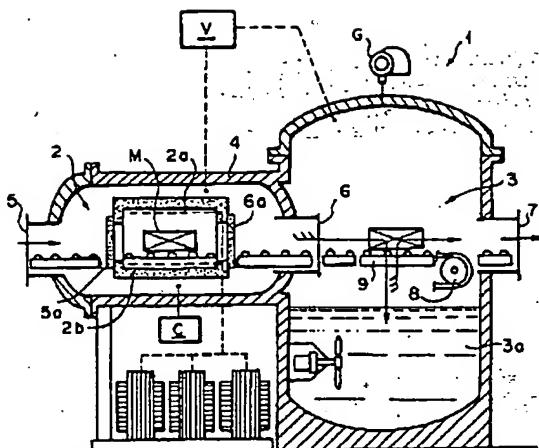
#### 【符号の説明】

- 1 真空浸炭炉
- 2 加熱室
- 3 冷却室
- M ワーク
- V 真空排気源

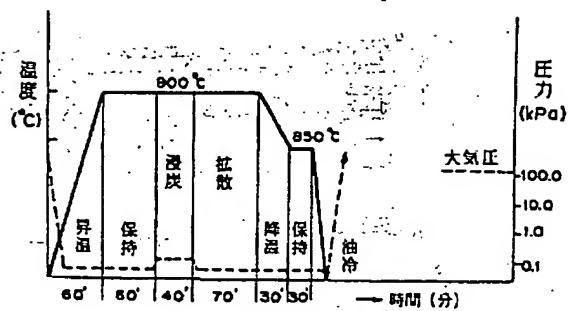
### C. 浸炭ガス源

## G 不活性ガス源

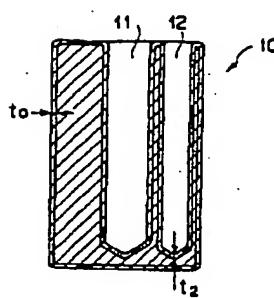
[図1]



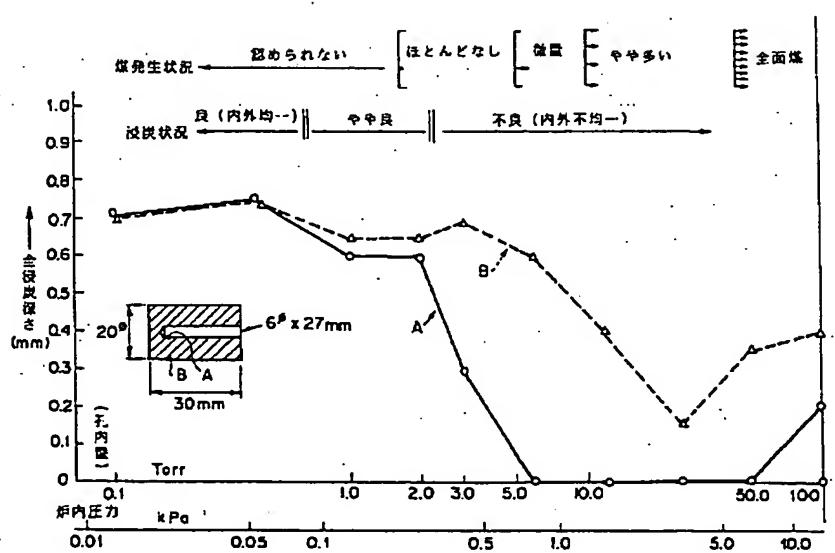
[図2]



[図3-1]



[図4]



【図5】

